

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-244072

(43)Date of publication of application : 28.08.2002

(51)Int.Cl.

G02B 26/10
B23K 26/06
B23K 26/08
G02F 1/33

(21)Application number : 2001-041883

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 19.02.2001

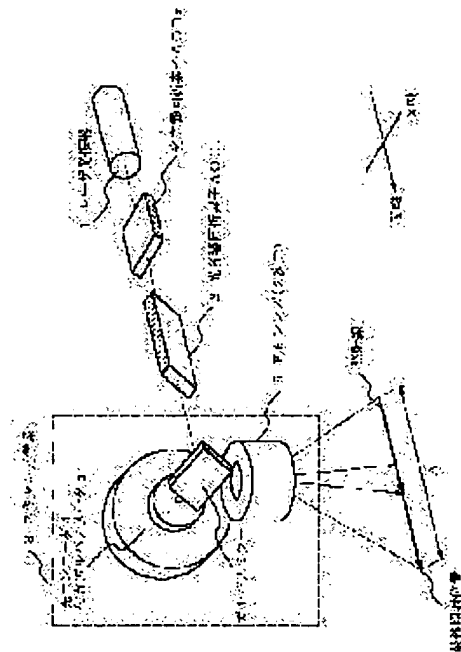
(72)Inventor : KUDOKORO YUKIO

(54) LASER BEAM MACHINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To permit scanning with accuracy higher than the accuracy of scanning of a laser beam with only the galvanometer using an optical encoder.

SOLUTION: The laser beam emitted by a laser oscillator 1 is received at an incident angle Θ by an opto-acoustic diffraction element 2 and the vibration of a frequency $F+\Delta F$ changed from the vibration of a predetermined frequency F is added thereto, by which the laser beam is emitted at an exist angle $\Theta+\Delta\Theta$. The laser beam emitted by the opto-acoustic diffraction element 2 is received by the galvanometer provided with the optical encoder 4 having a predetermined accuracy. The received laser beam is reflected while the reflection direction is fluctuated by the predetermined accuracy and the laser beam is refracted and cast by the $f\theta$ lens 6, by which the predetermined irradiation surface is scanned with the laser beam received by the galvanometer 5.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 29.06.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-244072
(P2002-244072A)

(43)公開日 平成14年 8 月28日 (2002. 8. 28)

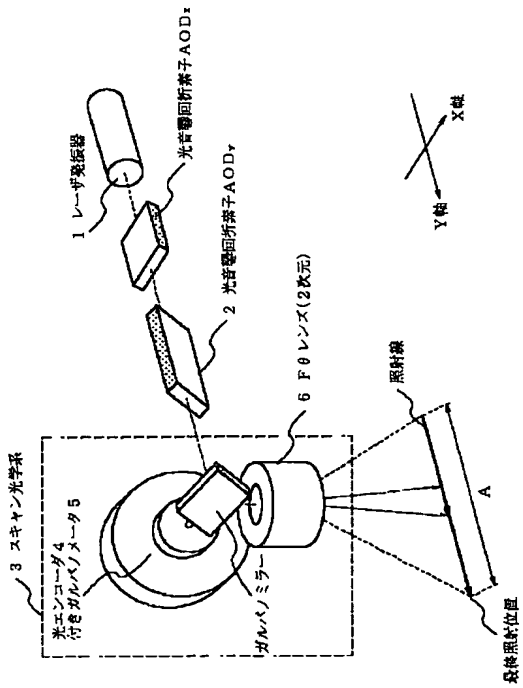
(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	デマコード* (参考)	
G 0 2 B 26/10	1 0 4	C 0 2 B 26/10	1 0 4 Z	2 H 0 4 J
B 2 3 K 26/06		B 2 3 K 26/06	Z	2 K 0 0 2
	26/08	26/08	B	4 E 0 6 8
G 0 2 F 1/33		C 0 2 F 1/33		

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21)出願番号	特願2001-41883(P2001-41883)	(71)出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22)出願日	平成13年 2 月19日 (2001. 2. 19)	(72)発明者	久所 之夫 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株 式会社内
		(74)代理人	100082935 弁理士 京本 直樹 (外2名)
		Fターム(参考)	2H045 AB54 DA12 2K002 AA04 AB03 BA12 DA01 HA10 4E068 CD06 CD08 CE03

(54)【発明の名称】 レーザ加工装置

(57)【要約】
【課題】光エンコーダを使用したガルバノメータのみでのレーザ光の走査より高精度の走査ができる。
【解決手段】光音響回折素子2により、レーザ発振器1が出射するレーザ光を入射角 θ で受け、予め定めた周波数Fの振動から変化させた周波数 $F + \Delta F$ の振動が加わるによりレーザ光を出射角 $\theta + \Delta \theta$ で出射し、予め定めた精度を有する光エンコーダ4を備えたガルバノメータ5により、光音響回折素子2が出射したレーザ光を受けこの予め定めた精度で、反射方向を変動させながらこの受けたレーザ光を反射し、f θ レンズ6により、このレーザ光を屈折させて照射するようにして、このガルバノメータ5が受けたレーザ光を予め定めた照射面上に走査する。



(2) 002-244072 (P2002-244072A)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、

前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が出射する前記レーザ光を入射角 θ で受け、予め定めた周波数 F の振動から変化させた周波数 $F + \Delta F$ の振動が加わることににより前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta\theta$ で出射する光音響回折素子と、

予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が出射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射し、前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記 $f\theta$ レンズへの入射角 θ と前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta$ に比例した距離の位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査する前記スキャン光学系と、を備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】 レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、

前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が出射する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で出射し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta\theta$ で出射する光音響回折素子と、

予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の第1の軸（Y軸と記載する。）に沿って走査するための前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子

が出射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記Y軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に対応する方向の前記 $f\theta$ レンズへの入射角 θ_y と前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_y$ に比例した前記Y軸方向の距離の位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査する前記スキャン光学系と、

を備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項3】 レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、

前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が出射する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で出射し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta\theta$ で出射する光音響回折素子と、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の第2の軸（X軸と記載する。）に沿って走査するための前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が出射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記X軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記X軸に対応する方向の前記 $f\theta$ レンズへの入射角 θ_x と前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_x$ に比例した前記X軸方向の距離の位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査する前記スキャン光学系と、を備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項4】 前記 $f\theta$ レンズは、1次元の $f\theta$ レンズであることを特徴とする請求項1又は2記載のレーザ加工装置。

【請求項5】 前記 $f\theta$ レンズは、2次元の $f\theta$ レンズであることを特徴とする請求項1又は2記載のレーザ加工装置。

(3) 002-244072 (P2002-244072A)

【請求項6】 レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が出射する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で出射し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta\theta$ で出射する光音響回折素子と、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の予め定めた第2の軸（X軸と記載する。）に沿って走査するための第2の前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が出射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記X軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、予め定めた前記精度を有する前記光エンコーダを備えた前記照射面上の前記X軸に直行する第1の軸（Y軸と記載する。）に沿って走査するための第1の前記ガルバノメータにより、前記第2の前記ガルバノメータが反射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記Y軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、2次元の前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_y と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_y$ に比例した前記Y軸方向の距離の位置と、前記入射した前記レーザ光の前記X軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_x と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_x$ に比例した前記X軸方向の距離の位置とにより示される位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、それぞれの前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上のYX平面に走査する前記スキャン光学系と、を備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項7】 レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前

記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が出射する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で出射し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta\theta$ で出射する光音響回折素子と、

予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の予め定めた第1の軸（Y軸と記載する。）に沿って走査するための第1の前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が出射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記Y軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、予め定めた前記精度を有する前記光エンコーダを備えた前記照射面上の前記Y軸に直行する第2の軸（X軸と記載する。）に沿って走査するための第2の前記ガルバノメータにより、前記第2の前記ガルバノメータが反射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記X軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、2次元の前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記X軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_x と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_x$ に比例した前記X軸方向の距離の位置と、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_y と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_y$ に比例した前記Y軸方向の距離の位置とにより示される位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、それぞれの前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上のYX平面に走査する前記スキャン光学系と、を備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項8】 前記光音響回折素子は、前記振動の前記周波数 $F + \Delta F$ 中の前記 ΔF を \pm （予め定めた周波数） $/k$ （ k は、正の整数）とすることにより、前記レーザ光の前記出射角 $\theta + \Delta\theta$ 中の前記 $\Delta\theta$ の分解能を前記ガルバノメータの有する前記光エンコーダの前記精度の $1/k$ とすることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6又は7記載のレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はレーザ加工装置に関

(4) 002-244072 (P2002-244072A)

し、特に、ガルバノメータとこのガルバノメータが反射したレーザ光をこのレーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとにより、ガルバノメータが受けたレーザ光を照射面上に走査するレーザ加工装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種のレーザ加工装置は、ガルバノメータでレーザビームを走査し、高精度に穴あけ加工、切断加工、表面処理などを行うために用いられ、主に、大面積の高精度レーザパターンニングや $\phi 100 [\mu\text{m}]$ 以下の微細レーザ穴あけを実施する場合に不可欠となる技術である。液晶や半導体製造装置、太陽電池製造装置などから、光硬化樹脂を使用した型を作成するラビットプロトタイピングなどにまで広範囲に適用できるものである。

【0003】この従来のレーザ加工装置の構成図を示す図6を参照すると、従来のレーザ加工装置は、レーザ光を出射するレーザ発振器1と、このレーザ光を受け反射方向を変動させながらこのレーザ光を反射する予め定めた精度を有する光エンコーダ4を備えたガルバノメータ5と、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズ6と、を有する構成である。このスキャン光学系3（ガルバノメータ5と $f\theta$ レンズ6）により、レーザ発振器1が出射するレーザ光を予め定めた照射面上に走査し、照射面上に予め置いた加工対象をレーザ光により加工するようにしている。

【0004】ガルバノメータ5を使用したスキャン光学系3において、ガルバノメータ5をフルクローズドループ制御するための位置センサーとして、XYステージで使用しているリニアエンコーダのような $0.1 [\mu\text{m}]$ 以下の分解能が得られるようなタイプのロータリ（レーザ）光エンコーダ4を使用するのが理想である。しかしながら、現在レーザ加工装置のスキャン光学系3に使用されているロータリ光エンコーダ4は精度が1角度秒（ $4.85 [\mu\text{rad}]$ ）であり、これは焦点距離 $f = 250 [\text{mm}]$ （通常は $150 \sim 250 [\text{mm}]$ を使用）の $f\theta$ レンズ6を使用した場合には、 $1.21 [\mu\text{m}]$ の分解能にあたる（ $0.25 [\text{m}] \times 4.85 [\mu\text{rad}] = 1.21 [\mu\text{m}]$ ）。今後要求される $0.1 [\mu\text{m}]$ 以下の分解能は達成できない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来のレーザ加工装置は、予め定めた精度（1角度秒 $= 4.85 [\mu\text{rad}]$ ）を有する光エンコーダを備えたガルバノメータにより、レーザ発振器が出射したレーザ光を受け反射方向を変動させながらこのレーザ光を反射し、焦点距離 $f = 250 [\text{mm}]$ の $f\theta$ レンズにより、この反射した

レーザ光を入射し、この入射したレーザ光を予め定めた照射面上に照射するように屈折させることにより、このスキャン光学系（ガルバノメータと $f\theta$ レンズ）により、レーザ発振器が出射するレーザ光を予め定めた照射面上に走査し、照射面上に予め置いた加工対象をレーザ光により加工するようにしているため、1角度秒の精度の光エンコーダを有するガルバノメータにより入射したレーザ光を反射方向を変動させながら反射し、焦点距離 $f = 250 [\text{mm}]$ の $f\theta$ レンズを使用して、この反射したレーザ光を入射してこのレーザ光を予め定めた照射面上に走査しているため、 $1.21 [\mu\text{m}]$ 程度の分解能しか得られないという問題がある。

【0006】本発明の目的はこのような従来の欠点を除去するため、現在使用されている精度の光エンコーダを使用して、この光エンコーダを使用したガルバノメータのみでのレーザ光の走査より高精度の走査ができ、今後要求される $0.1 [\mu\text{m}]$ 以下の分解能での走査ができるレーザ加工装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の第1のレーザ加工装置は、レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が出射する前記レーザ光を入射角 Θ で受け、予め定めた周波数 F の振動から変化させた周波数 $F + \Delta F$ の振動が加わることににより前記レーザ光を前記入射角 Θ に前記 ΔF に応じた前記 Θ の変動分を加えた出射角 $\Theta + \Delta \Theta$ で出射する光音響回折素子と、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が出射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射し、前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記 $f\theta$ レンズへの入射角 θ と前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta$ に比例した距離の位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査する前記スキャン光学系と、を備えて構成されている。

【0008】本発明の第2のレーザ加工装置は、レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ

(5) 002-244072 (P2002-244072A)

光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が出射する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で出射し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta\theta$ で出射する光音響回折素子と、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の第1の軸（Y軸と記載する。）に沿って走査するための前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が出射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記Y軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に対応する方向の前記 $f\theta$ レンズへの入射角 θ_y と前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_y$ に比例した前記Y軸方向の距離の位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査する前記スキャン光学系と、を備えて構成されている。

【0009】本発明の第3のレーザ加工装置は、レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が出射する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で出射し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta\theta$ で出射する光音響回折素子と、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の第2の軸（X軸と記載する。）に沿って走査するための前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が出射した前記レーザ光を受け前記予め

定めた精度で、反射方向を変動させながら前記X軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記X軸に対応する方向の前記 $f\theta$ レンズへの入射角 θ_x と前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_x$ に比例した前記X軸方向の距離の位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査する前記スキャン光学系と、を備えて構成されている。

【0010】本発明の第4のレーザ加工装置は、レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が出射する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で出射し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta\theta$ で出射する光音響回折素子と、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の予め定めた第2の軸（X軸と記載する。）に沿って走査するための第2の前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が出射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記X軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、予め定めた前記精度を有する前記光エンコーダを備えた前記照射面上の前記X軸に直行する第1の軸（Y軸と記載する。）に沿って走査するための第1の前記ガルバノメータにより、前記第2の前記ガルバノメータが反射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記Y軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、2次元の前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_y と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_y$ に比例した前記Y軸方向の距離の位置と、前記入射した前記レーザ光の前記X軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_x と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_x$ に比例した前記X軸方向の距離の位置とによ

(6) 002-244072 (P2002-244072A)

り示される位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、それぞれの前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上のYX平面に走査する前記スキャン光学系と、を備えて構成されている。

【0011】本発明の第5のレーザ加工装置は、レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させるf θ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が出射する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数Fの振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で出射し、周波数F+ ΔF の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta \theta$ で出射する光音響回折素子と、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の予め定めた第1の軸（Y軸と記載する。）に沿って走査するための第1の前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が出射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記Y軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、予め定めた前記精度を有する前記光エンコーダを備えた前記照射面上の前記Y軸に直行する第2の軸（X軸と記載する。）に沿って走査するための第2の前記ガルバノメータにより、前記第2の前記ガルバノメータが反射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記X軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、2次元の前記f θ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記X軸に対応する方向の前記2次元の前記f θ レンズへの前記入射角 θ_x と前記2次元の前記f θ レンズの焦点距離fとの積f $\cdot \theta_x$ に比例した前記X軸方向の距離の位置と、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に対応する方向の前記2次元の前記f θ レンズへの前記入射角 θ_y と前記2次元の前記f θ レンズの焦点距離fとの積f $\cdot \theta_y$ に比例した前記Y軸方向の距離の位置とにより示される位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、それぞれの前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上のYX平面に走査する前記スキャン光学系と、を備えて構成されている。

【0012】本発明の第1から第5のレーザ加工装置の

前記光音響回折素子は、前記振動の前記周波数F+ ΔF 中の前記 ΔF を \pm （予め定めた周波数）/k（kは、正の整数）とすることにより、前記レーザ光の前記出射角 $\theta + \Delta \theta$ 中の前記 $\Delta \theta$ の分解能を前記ガルバノメータの有する前記光エンコーダの前記精度の1/kとすることによりしている。

【0013】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0014】図1は、本発明のレーザ加工装置の一つの実施の形態を示す構成図である。

【0015】図1に示す本実施の形態は、レーザ光を受け反射方向を変動させながらこの受けたレーザ光を反射するガルバノメータ5と、この反射したレーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射したレーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、この受けたレーザ光を照射するように屈折させる例えば2次元のf θ レンズ6（1次元でも良い）とを有するスキャン光学系3を備え、このガルバノメータ5が受けたレーザ光をこの予め定めた照射面（焦点距離の位置にありレーザ光のスポットを結像させる面）上に走査するレーザ加工装置において、レーザ光を出射するレーザ発振器1とスキャン光学系3との間に設けられ、レーザ発振器1が出射するレーザ光を入射角 θ で受け、予め定めた周波数Fの振動から変化させた周波数F+ ΔF の振動が加わることにによりレーザ光を入射角 θ に ΔF に応じたこの θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta \theta$ で出射する光音響回折素子2AODy（なお、図1には、光音響回折素子2AODyと同じ種類のX軸の微小調整用に設けた光音響回折素子AODxを光音響回折素子2AODyの前段に設けてある。これは、光学系の補正用として用いるものである。）と、予め定めた精度を有する光エンコーダ4を備えたガルバノメータ5により、光音響回折素子2AODyが出射したレーザ光を受けこの予め定めた精度で、反射方向を変動させながらこの受けたレーザ光を反射し、f θ レンズ6により、この反射したレーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射したレーザ光のf θ レンズ6への入射角 θ とf θ レンズ6の焦点距離fとの積f $\cdot \theta$ に比例した距離の位置に、この入射したレーザ光を屈折させて照射するようにして、このガルバノメータ5が受けたレーザ光を予め定めた照射面上に走査するスキャン光学系3とにより構成されている。

【0016】光音響回折素子2AODyは、周波数F+ ΔF 中の ΔF を \pm （予め定めた周波数）/k（kは、正の整数）とすることにより、レーザ光の出射角 $\theta + \Delta \theta$ 中の $\Delta \theta$ の分解能をガルバノメータ5の有する光エンコーダ4の精度の1/kとすることによりしている。

【0017】次に、本実施の形態のレーザ加工装置の動作を図2、図3、図4及び図5を参照して詳細に説明す

(7) 002-244072 (P2002-244072A)

る。

【0018】図2は、制御部の一例を示す図である。制御用コントローラとしての例えばパーソナルコンピュータ（PC）等のコンピュータにレーザ光の照射面上の最終照射位置までの距離Aを示す位置指令とレーザ光の射出を指令する射出指令が入力されると、PCは、この距離Aをロータリ光エンコーダ方式のガルバノメータ5によるレーザ光の移動距離 $m\Delta a$ （ここで Δa は、光エンコーダ4の精度に対応する照射面上の距離、すなわち分解能）と、この Δa 以下の残り分の微小距離B（ $B=A-m\Delta a$ ； m はBが最小となる整数）とに分解し、それぞれを、ガルバノメータコントローラとAODyドライバー（RFドライバー）とに振り分けて出力する。すなわち、ガルバノメータコントローラに $m\Delta a$ を、AODyドライバーに $n\Delta b$ を m と n との整数を昇順にして出力する。ここで、照射線を補間する補間用の信号Cは、 $C=A-B+n\Delta b$ （ここで Δb は、光音響回折素子2AODyの精度に対応する照射面上の距離、また、 n はCの絶対値が最小となる整数）である（すなわち $C=m\Delta a+n\Delta b$ ）。ガルバノメータ5はガルバノメータコントローラによりガルバノメータドライバを介して制御される。また、光音響回折素子2AODyと光音響回折素子AODxとの制御は、PCで作られる補間制御値 $n\Delta b$ あるいは蛇行補正用の制御信号に従って、PLL発振器によって生成された厳密な周波数で動作される（すなわち、AODyドライバーにより、予め定めた周波数F（例えば、80〔MHz〕）の振動を光音響回折素子2AODyに加えたときに、この光音響回折素子2AODyに入射角 θ で入射するレーザ光を出射角 θ で出射させ、周波数 $F+\Delta F$ の振動を光音響回折素子2AODyに加えたときに、前記入射角 θ で入射したレーザ光を出射角 $\theta+\Delta\theta$ で出射させる。）。尚、X軸方向への蛇行補正のため本実施例に示した光音響回折素子AODxには、通常、PC内で位置指令値の関数となっている（マップ）補正パラメータを計算して、補正值が与えられるような制御をする。射出指令は、位置指令と同期して入力され、PCからレーザコントローラに出力される。通常本信号は非常に高速であるため、レーザ発振器1に設けられた光変調器にON/OFF信号を出力する構成を採るのが一般的である。

【0019】図3は、光エンコーダの精度を補間するための光音響回折素子AODyを2段に分けた例を示す図である。

【0020】図4は、光音響回折素子AODyを2段に分けたときの制御部の一例を示す図である。この2段に分けた各光音響回折素子2AODyは補間信号値に対して正負が反対の回折角が得られるRF信号を与えるように構成してある。たとえば、AODy-1、AODy-2のトランスジューサー（電圧を振動に変換する変換器）に対して、RF周波数の中心周波数が F_c 〔Hz〕

で与えられているとすれば、AODy-1に補間信号 $F_c+\delta F_c$ 〔Hz〕と与えるとすれば、AODy-2には補間信号 $F_c-\delta F_c$ 〔Hz〕を与えるように制御する。AODy-1に補間信号 $F_c+\delta F_c$ をRFドライバーに入力し、AODy-2には補間信号 $F_c+\delta F_c$ をRFドライバーに入力する。また、AODy-1とAODy-2の配置は、 $f\theta$ レンズ6の瞳位置であるガルバノメータ5の回転軸上にレーザ光が通るように $L_1=L_2$ になるようにしてある。

【0021】図5は、ガルバノメータをX軸用とY軸用とを有した面走査用としたときの一例を示す図である。

【0022】図1において、レーザ発振器1が射出するレーザ光を光音響回折素子AODxで受けこの光音響回折素子AODxを図2に示すように制御して、X軸方向への蛇行補正を行って出力し、光音響回折素子2AODyにより、光音響回折素子AODxが出力したレーザ光を、照射面のY軸方向に対応するこの光音響回折素子2AODy上方向への偏角を θ として受け（入射角 θ ）たときに、この光音響回折素子2AODyが予め定めた周波数F（例えば、80〔MHz〕）の振動を受けているときには、この受けたレーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ方向と同じ大きさの角 θ （出射角 θ ）で出射し、周波数 $F+\Delta F$ の振動を受けているときには、この受けたレーザ光を入射角 θ に ΔF に応じた θ の変動分を加えた出射角 $\theta+\Delta\theta$ で出射する。予め定めた精度（1角度秒 $=4.85$ 〔 μrad 〕）を有する光エンコーダ4を備えた照射面上のY軸に沿って走査するためのガルバノメータ5により、光音響回折素子2AODyが出射したレーザ光を受けこの予め定めた精度で、反射方向を変動させながらY軸に対応する方向にこの受けたレーザ光を反射し、 $f\theta$ レンズ6により、この反射したレーザ光を入射し、照射面上での、この入射したレーザ光のY軸に対応する方向の $f\theta$ レンズ6への入射角 θ_y と $f\theta$ レンズ6の焦点距離 f との積 $f\cdot\theta_y$ に比例したY軸方向の距離の位置に、この入射したレーザ光を屈折させて照射するようにして、レーザ発振器1の射出したレーザ光を予め定めた照射面上に走査する。

【0023】ここで、照射面上でのレーザ光の走査を 0.1 〔 μm 〕以下の分解能で制御するために、まず、現状のロータリ光エンコーダ4（回折干渉方式）の精度で 1 〔 μm 〕の分解能を確保し、さらに光音響回折素子2AODyによって（電気的に） $1/10\sim 1/100$ に補間することにより、 0.1 〔 μm 〕 ~ 0.01 〔 μm 〕の分解能を得るようにすることを説明する。光音響回折素子2AODyを使用した音響光学効果によるレーザ光の偏向は、光音響回折素子2AODyに加えられた音波周波数がFから $F+\Delta F$ に変化したときに回折光ビームの方向（レーザ光の偏向）が角 θ から $\theta+\Delta\theta$ に変化する。ここで、 λ ：レーザ光の波長、 n ：光音響回折素子2AODyの屈折率、 V ：光音響回折素子2A

(8) 002-244072 (P2002-244072A)

ODyの媒質中の音速とすると、 $\Delta\Theta$ は、 $\Delta\Theta = (\lambda \times \Delta F) / n \times V$ で与えられる。ここで、レーザ光にNd:YAGレーザの $\lambda = 1.064 [\mu\text{m}]$ 、光音響回折素子2AODyの材質として熔融石英を用いると仮定すると、 $V = 5.97 \times 10^3 [\text{m/s}]$ 、 $n = 1.46$ であるから、 $\Delta\Theta = 1.22 \times 10^{-10} \Delta F$ となる。利用するロータリ光エンコーダ4の精度を1角度秒(= $4.85 [\mu\text{rad}]$)とすれば、この精度(分解能)を $1/k$ で補間することを考えると $\Delta F = (4.85 \times 10^{-6}) / (1.22 \times 10^{-10} \times k) = (39.8/k) [\text{KHz}]$ で示される単位の制御が必要になる。

【0024】ところで、RF(Radio Frequency)は、PLL(Phase Locked Loop)回路あるいは専用の周波数コントロール用LSIなどを用いれば簡単に1Hz単位の高安定度な周波数を作ることができる。即ち、光音響回折素子2AODyに印加するRF周波数を、例えば80.00 [MHz]を中心として、 $\pm (19.9/k) [\text{KHz}]$ (ここで、 $39.8 [\text{KHz}] / 2 = 19.9 [\text{KHz}]$)で制御する補間を行うことになる。また、PLL回路の電気的な周波数安定度は0.1 [Hz]程度であるから、制御精度として0.5%の安定度を得ようとするとき、補間間隔は0.2 [KHz] ($0.1 [\text{Hz}] / 0.2 [\text{KHz}] = 0.5\%$)となる。従って、 $19.9 [\text{KHz}] / 0.2 [\text{KHz}] = 99.5$ であるから、kの値を $k = 100$ にすることができる。即ち、100分割で補間させることが可能であることが判る。この結果、100倍の制御分解能を得ることができる。ここで、たとえば、 $k = 100$ として、1角度秒のロータリ光エンコーダ4を用い、 $f = 250 [\text{mm}]$ のf θ レンズ6を使用したとすると、最小補間分解能 $(0.25 \times 4.85 \times 10^{-6}) / 100 [\text{m}] = 0.0121 [\mu\text{m}]$ となる($k = 10$ のときには $0.121 [\mu\text{m}]$ となる)。スキャンエリアが $\phi 1000 [\text{mm}]$ を超す $f = 2000 [\text{mm}]$ の大型のf θ レンズ6を使用しても最小補間分解能 $= 0.097 [\mu\text{m}]$ ($(2 \times 4.85 \times 10^{-6}) / 100 [\text{m}] = 0.097 [\mu\text{m}]$)となり、今後要求される0.1 [μm]以下の加工精度を満足する制御が可能になる。

【0025】以上の説明では、レーザ発振器1とガルバノメータ5との間に、光エンコーダ4の精度(分解能)を補間するための光音響回折素子2AODyを一つ設けたが、図3と図4とに示すように、この光音響回折素子2AODyを2段に分けても良い。光音響回折素子2AODyを2段にすることにより、f θ レンズ6の瞳位置を通り、f θ レンズ6に入射する入射角を変化させることができるため、図1で示したような1段の光音響回折素子2AODyによる補間制御と比較して、f θ レンズ6の歪みの影響をより小さくすることができる。この結

果補正を少なくできるため制御がより簡単にすることができ、より高速制御ができるようになる利点もある。

【0026】また、一つのガルバノメータ5をY軸用にし線走査用としたが、図5に示すように、2つガルバノメータ5をX軸用とY軸用とし面走査用としても良い。このときには、スキャン光学系3は次のようになる。すなわち、このスキャン光学系3により、予め定めた精度を有する光エンコーダ4を備えた照射面上の予め定めた第2の軸(X軸)に沿って走査するための第2のガルバノメータ5により、光音響回折素子2AODyが射出したレーザ光を受け予め定めた精度で、反射方向を変動させながらX軸に対応する方向にこの受けたレーザ光を反射し、予め定めた精度を有する光エンコーダ4を備えた照射面上のX軸に直行する第1の軸(Y軸)に沿って走査するための第1のガルバノメータ5により、第2のガルバノメータ5が反射したレーザ光を受け予め定めた精度で、反射方向を変動させながらY軸に対応する方向に受けたレーザ光を反射し、2次元のf θ レンズ6により、この反射したレーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、入射したレーザ光のY軸に対応する方向の2次元のf θ レンズ6への入射角 θ_y と2次元のf θ レンズ6の焦点距離fとの積 $f \cdot \theta_y$ に比例したY軸方向の距離の位置と、入射したレーザ光のX軸に対応する方向の2次元のf θ レンズ6への入射角 θ_x と2次元のf θ レンズ6の焦点距離fとの積 $f \cdot \theta_x$ に比例したX軸方向の距離の位置とにより示される位置に、入射したレーザ光を屈折させて照射するようにして、それぞれのガルバノメータ5が受けたレーザ光を予め定めた照射面上のYX平面に走査する。

【0027】更に、以上の説明で使用した軸の名称を示すX(又はx)とY(又はy)とを読み替えても良い。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のレーザ加工装置によれば、光音響回折素子により、レーザ発振器が射出するレーザ光を入射角 Θ で受け、予め定めた周波数Fの振動から変化させた周波数 $F + \Delta F$ の振動が加わることにによりレーザ光を出射角 $\Theta + \Delta\Theta$ で射出し、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えたガルバノメータにより、光音響回折素子が射出したレーザ光を受けこの予め定めた精度で、反射方向を変動させながらこの受けたレーザ光を反射し、f θ レンズにより、このレーザ光を屈折させて照射するようにして、このガルバノメータが受けたレーザ光を予め定めた照射面上に走査するため、光音響回折素子により、レーザ光の方向をガルバノメータに入る前に $\Delta\Theta$ 分補正するので、光エンコーダを使用したガルバノメータのみでのレーザ光の走査より高精度の走査ができる。

【0029】また、光音響回折素子は、周波数 $F + \Delta F$ 中の ΔF を \pm (予め定めた周波数)/k(kは、正の整数)とすることにより、レーザ光の出射角 $\Theta + \Delta\Theta$ 中の

(9) 002-244072 (P 2002-244072A)

$\Delta\theta$ の分解能をガルバノメータの有する光エンコーダの精度の $1/k$ とするようにしているので、照射面上でのレーザ光の走査の分解能を光エンコーダの精度の $1/k$ とすることができる。具体的に $F=80\text{ [MHz]}$ 、 $\Delta F=\pm 19.9\text{ [KHz]}/k$ 、 $\Delta\theta=1\text{ 角度秒}(=4.85\text{ }\mu\text{rad})$ ：光エンコーダの精度)、 $f\theta$ レンズの焦点距離 $f=250\text{ [mm]}$ とすると、照射面上でのレーザ光の走査の分解能(最小補間分解能) $=f\times\Delta\theta/k=0.25\times4.85\times10^{-16}/k=1.21/k\text{ }\mu\text{m}$ となり、 $k=10$ にすると、最小補間分解能 $=1.21/10\text{ }\mu\text{m}=0.121\text{ }\mu\text{m}$ 、 $k=100$ にすると、最小補間分解能 $=1.21/100\text{ }\mu\text{m}=0.0121\text{ }\mu\text{m}$ となり、今後要求される $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以下の加工精度を満足する制御が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のレーザ加工装置の一つの実施の形態を

示す構成図である。

【図2】制御部の一例を示す図である。

【図3】光エンコーダの精度を補間するための光音響回折素子AOD_yを2段に分けた例を示す図である。

【図4】光音響回折素子AOD_yを2段に分けたときの制御部の一例を示す図である。

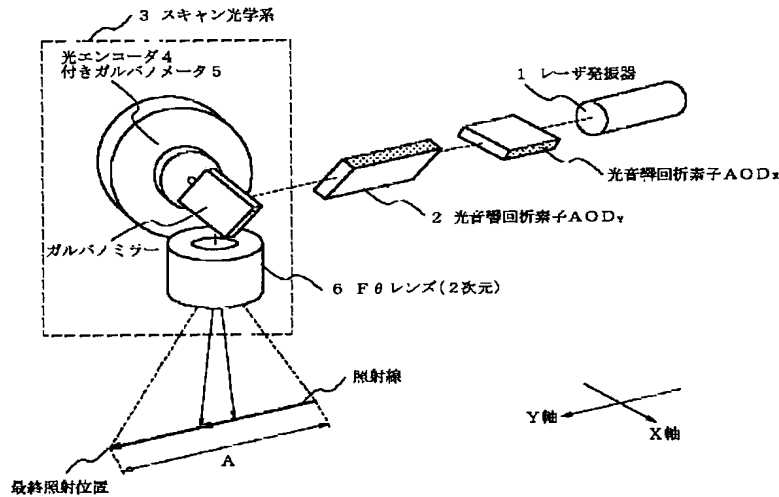
【図5】ガルバノメータをX軸用とY軸用とを有した面走査用としたときの一例を示す図である。

【図6】従来のレーザ加工装置の構成図である。

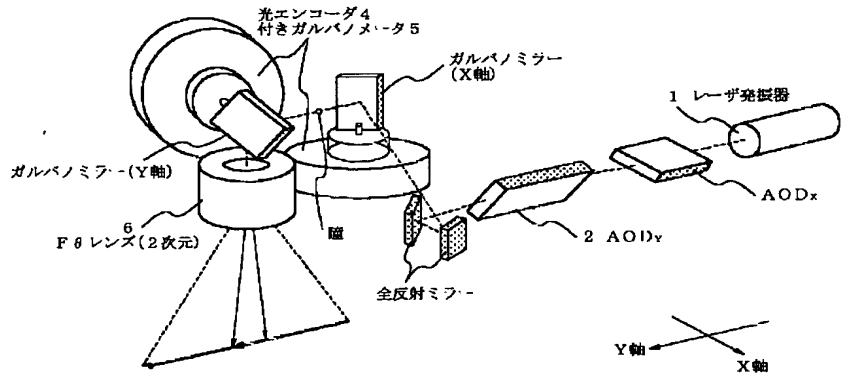
【符号の説明】

- 1 レーザ発振器
- 2 光音響回折素子
- 3 スキャン光学系
- 4 光エンコーダ
- 5 ガルバノメータ
- 6 $f\theta$ レンズ

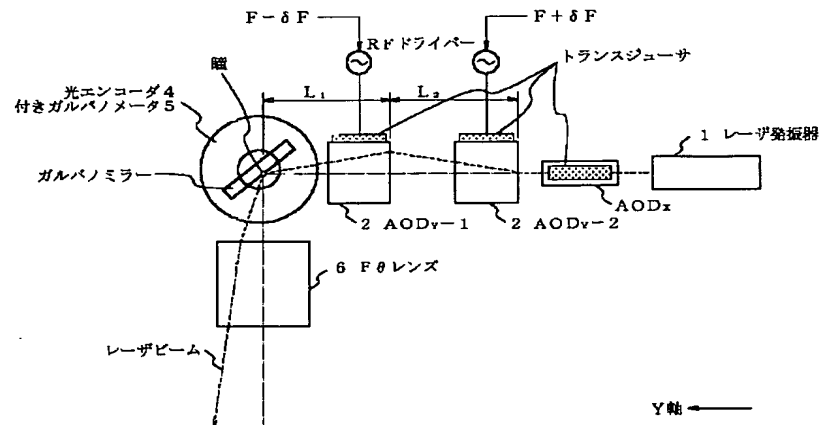
【図1】



【図5】



【図2】



(第 1) 02-244072 (P 2002-244072A)

【図 6】

